

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001 年 8 月 9 日 (09.08.2001)

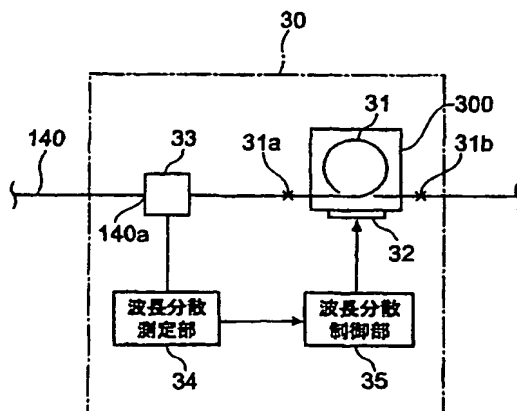
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 01/58057 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H04B 10/18, H04J 14/02 千244-8588 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/06997
- (22) 国際出願日: 2000 年 10 月 6 日 (06.10.2000) (74) 代理人: 長谷川芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.); 千104-0061 東京都中央区銀座二丁目6番12号 大倉本館 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): AU, CA, CN, JP, KR.
- (30) 優先権データ: 特願2000-022446 2000 年 1 月 31 日 (31.01.2000) JP (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (71) 出願人: 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 千541-0041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP). 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- (72) 発明者: 笹岡英資 (SASAOKA, Eisuke). 築谷正夫 (TSUKITANI, Masao). 田中 茂 (TANAKA, Shigeru); 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: WAVELENGTH DISPERSION COMPENSATION MODULE AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM INCLUDING THE SAME

(54) 発明の名称: 波長分散補償モジュール及びそれを含む光伝送システム



34...WAVELENGTH DISPERSION MEASURING SECTION  
35... WAVELENGTH DISPERSION CONTROLLING SECTION

(57) Abstract: A wavelength dispersion compensation module for realizing high bit-rate signal transmission through simple arrangement and an optical transmission system including it. The wavelength dispersion compensation module comprises a wavelength dispersion compensator for compensating the wavelength dispersion of an optical fiber transmission line at a predetermined wavelength, and a temperature regulator for setting a desired wavelength dispersion value of the wavelength dispersion compensator by regulating the temperature thereof. With this arrangement, dispersion compensation control depending on variation in the wavelength dispersion of the optical fiber transmission line with temperature variation can be realized and accumulated wavelength dispersion over the entire optical fiber transmission line can be reduced effectively through a simple arrangement.

WO 01/58057 A1

[続葉有]



---

(57) 要約:

この発明は、高ビットレートの信号伝送を簡易な構成で実現する波長分散補償モジュール及びそれを含む光伝送システムに関する。この発明に係る波長分散補償モジュールは、所定波長における光ファイバ伝送路の波長分散を補償する波長分散補償器を備えるとともに、該波長分散補償器の温度を調節することにより該波長分散補償器における波長分散を所望の値に設定する温度調節器を備える。この構成により、温度変動等に起因する光ファイバ伝送路における波長分散変動に連動した分散補償制御が可能となり、光ファイバ伝送路全体から見た累積波長分散が簡易な構成でかつ効果的に低減される。

## 明細書

### 波長分散補償モジュール及びそれを含む光伝送システム

#### 技術分野

5 この発明は、光ファイバ伝送路の波長分散を補償するための波長分散補償モジュール及びそれを含む光伝送システムに関するものである。

#### 背景技術

10 光ファイバ伝送路を利用した光通信は、高速かつ大容量の情報伝送を可能にする。また、光通信におけるビットレートは10Gb/sから20Gb/sへ、さらに40Gb/sへと高速になりつつある。このような高速の光通信では、光ファイバ伝送路固有の波長分散に起因した信号波形の劣化が問題となる。すなわち、ビットレートが高いほど、送信端から受信端に到るまで信号が伝搬する光ファイバ伝送路の累積波長分散の絶対値は小さいことが要求される。そこで、信号波形の劣化が小さくかつ高ビットレートの信号伝送を可能にする光ファイバ伝送路として、信号波長帯域（1.55μm波長帯）に零分散波長を有する分散シフト光ファイバが利用されている。

15 ところが、上記光ファイバ伝送路は通常、地上あるいは海底の自然環境下に敷設されることから、季節や昼夜の温度変動等の要因でその波長分散の絶対値が大きくなることがある。このような場合、分散シフト光ファイバが光ファイバ伝送路に適用されたとしても、該光ファイバ伝送路中を伝搬する信号の波形劣化は無視できなくなり、高ビットレートの信号伝送が実現できない可能性がある。

20 このような問題点を解決することを意図した技術が、例えば、文献1「桑原、他、“PM-AM変換効果を用いた分散変動検出による適応分散等化方式の検討”、1998年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会、B-10-95(1998)」や、文献2「大井、他、“波長可変レーザを用いた40Gb/s自動分散等化実験”、1998年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会、B-10-96(1998)」に提案されている。

25 これら文献1及び文献2で提案された技術では、光ファイバ伝送路の受信端に

到達した光（信号）をモニタすることにより、光ファイバ伝送路の累積波長分散あるいは累積波長分散の変化量が測定される。送信端では受信端から通知されたこの測定結果に基づいて出力される信号の波長調節を行っている。すなわち、送信端から出力される信号の波長は、受信端において測定される光ファイバ伝送路の累積波長分散が小さくなるように調節される。これにより、光ファイバ伝送路の零分散波長近傍の波長を有する信号が常に該光ファイバ伝送路中を伝搬することになる。結果的に、信号波形の劣化が抑制されることとなり高ビットレートの信号伝送が可能になる。

#### 発明の開示

発明者らは、上述の先行技術を検討した結果、以下のような課題を発見した。すなわち、上記文献1及び文献2に開示された技術は、受信端において測定された光ファイバ伝送路の累積波長分散の測定結果を送信端に通知するよう構成されていることから、この測定結果を通知するための通信手段や信号伝送路をさらに備える必要がある。加えて、この通知に基づいて送信端から出力される信号の波長調節を可能にするため、信号を出力する光源は波長可変機能を備えた光源でなければならない。このように、上記文献1及び文献2に開示された技術は光伝送システム全体の構成を複雑にする。

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、光ファイバ伝送路の波長分散を補償して高ビットレートの信号伝送を可能にするとともに、この高ビットレートの信号伝送をより簡易な構成で実現するための波長分散補償モジュール及びそれを含む光伝送システムを提供することを目的とする。

この発明に係る光伝送システムは、1又はそれ以上の光ファイバ伝送路を介して複数波長の信号を利用したWDM（Wavelength Division Multiplexing）通信に適用可能である。また、これら光ファイバ伝送路は、送信局と受信局との間、送信局と中継局との間、中継局間、中継局と受信局との間の少なくともいずれかに配置される。

上記光伝送システムに適用可能な、この発明に係る波長分散補償モジュールは、光ファイバ伝送路の波長分散を補償する機能を有し、波長分散補償器と温度調節器とを少なくとも備える。上記波長分散補償器は、所定波長において、補償対象である光ファイバ伝送路の波長分散と異なる符号の波長分散を有するとともに、

5 該光ファイバ伝送路の波長分散スロープと異なる符号の波長分散スロープを有する。また、上記温度調節器は、上記波長分散補償器の温度を調節することにより該波長分散補償器の波長分散を所望の値に設定する。

以上のような構造を備えた波長分散補償モジュールによれば、所定波長、例えば波長1550nmにおいて、上記光ファイバ伝送路及び波長分散補償器それぞれの波長分散の符号が互いに異なっているので、当該光伝送システム全体から見た累積波長分散が効果的に低減される。なお、当該光伝送システムが1又はそれ

10 以上の中継局を介して複数の光ファイバ伝送路により構成されている場合には、光ファイバ伝送路ごとに波長分散補償器が用意されるのが好ましい（各波長分散補償器は中継局及び受信局にそれぞれ設置される）。上記光ファイバ伝送路及び波

15 長分散補償器それぞれの波長分散スロープの符号も互いに異なっているので、より広い信号波長帯域において、複数波長の信号それぞれについての当該光伝送システム全体から見た累積波長分散が効果的に低減される。加えて、たとえ温度変動等の起因して光ファイバ伝送路の波長分散が変化しても、波長分散補償器の温度が温度調節器により調節されるため、この場合も当該光伝送システム全体から

20 見た累積波長分散が効果的に低減される。

また、この発明に係る波長分散補償モジュールにおいて、上記波長分散補償器は分散補償光ファイバを含むのが好ましい。該分散補償光ファイバは当該光伝送システムにおける伝送路の一部を構成するが、挿入損失を小さくできるからである。また、この発明に係る波長分散補償モジュールにおいて、所定波長において、

25 分散補償光ファイバにおける波長分散の温度依存性の絶対値、すなわち単位温度当たりの波長分散変動量の絶対値は、光ファイバ伝送路の単位温度当たりの波長

分散変動量の絶対値より大きいことが好ましい。あるいは、所定波長において上記分散補償光ファイバにおける波長分散の温度依存性の絶対値が  $0.002 \text{ ps/nm/km/}^\circ\text{C}$  以上であることが好ましい。いずれの場合にも、分散補償光ファイバの温度が適切に調節されるので効率のよい波長分散補償が可能になる。

- 5        また、この発明に係る波長分散補償モジュールは、波長分散補償器の波長分散を制御すべく、上記温度調節器を制御（波長分散補償器の温度調節）する波長分散制御部をさらに備えてもよい。この波長分散制御部により、温度調節器による波長分散補償器の温度調節が制御され、光ファイバ伝送路及び波長分散補償器を含む該波長分散補償器の補償対象区間全体から見た累積波長分散が実質的に零になるよう、波長分散補償器の波長分散が制御される。
- 10

- この発明に係る波長分散補償モジュールは、上記温度調節部を制御する波長分散制御部に加え、上記波長分散補償器に入力される光をモニタすることで、光ファイバ伝送路の累積波長分散あるいは累積波長分散の変化量を測定する波長分散測定部をさらに備えてもよい。この場合、光ファイバ伝送路及び波長分散補償器を含む該波長分散補償器の補償対象区間全体から見た累積波長分散が実質的に零になるよう、波長分散補償器の波長分散がフィードフォワード制御される。
- 15

- また、この発明に係る波長分散補償モジュールは、上記温度調節部を制御する波長分散制御部に加え、上記波長分散補償器から出力される信号をモニタすることにより、光ファイバ伝送路及び波長分散補償器を含む該波長分散補償器の補償対象区間全体から見た累積波長分散あるいは累積波長分散の変化量を測定する波長分散測定部をさらに備えてもよい。この場合、光ファイバ伝送路及び波長分散補償器を含む該波長分散補償器の補償対象区間全体から見た累積波長分散が実質的に零になるよう、波長分散補償器の波長分散がフィードバック制御される。
- 20

- なお、温度変動による調節が必要な波長分散量及び該波長分散の温度依存性が既知であれば、波長分散の値は必ずしもモニタされる必要はない。この場合、この発明に係る波長分散補償モジュールは、必要な波長分散の調節量と波長分散の
- 25

温度依存性に基づいて設定されるべき温度を決定し、波長分散補償器の温度をモニタしながら該波長分散補償器の温度調節を行う構造を備えてもよい。具体的には、当該波長分散補償モジュールは、上記温度調節部を制御する波長分散制御部に加え、上記波長分散補償器の温度をモニタすることにより、光ファイバ伝送路及び波長分散補償器を含む該波長分散補償器の補償対象区間全体から見た累積波長分散あるいは累積波長分散の変化量を推定する温度測定部をさらに備えた構成であってもよい。

一方、この発明に係る光伝送システムは、光ファイバ伝送路とともに、該光ファイバ伝送路の波長分散を補償する上述のような構造を備えた波長分散補償モジュールを備える。この光伝送システムによれば、所定波長、例えば波長 1550 nmにおいて、光ファイバ伝送路の波長分散が波長分散補償モジュールにより補償される。また、温度変動等の要因により光ファイバ伝送路の波長分散が変化しても、波長分散補償器の温度が温度調節器により適切に調節される。これにより、当該光伝送システム全体、あるいは波長分散補償器の補償対象区間全体から見た累積波長分散を低減することができ、高ビットレートの信号伝送が可能になる。

この発明に係る光伝送システムに適用される波長分散補償モジュールは、補償対象である光ファイバ伝送路の下流側、すなわち該光ファイバ伝送路の光出力端と受信器との間に配置されるのが好ましい。また、この波長分散補償モジュールが上記波長分散測定部及び上記波長分散制御部を有する場合には、波長分散補償量が適応制御されるので、常に高ビットレートの信号伝送が可能になる。

なお、この発明に係る各実施例は、以下の詳細な説明及び添付図面によりさらに十分に理解可能となる。これら実施例は単に例示のために示されるものであって、この発明を限定するものと考えべきではない。

また、この発明のさらなる応用範囲は、以下の詳細な説明から明らかになる。しかしながら、詳細な説明及び特定の事例はこの発明の好適な実施例を示すものではあるが、例示のためにのみ示されているものであって、この発明の思想及び

範囲における様々な変形および改良はこの詳細な説明から当業者には自明であることは明らかである。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、この発明に係る光伝送システムの第 1 実施形態の構成を示す図である。

- 5      図 2 は、この発明に係る光伝送システムに適用可能な波長分散補償モジュール（この発明に係る波長分散補償モジュール）の第 1 実施形態の構成を示す図である。

図 3 A 及び図 3 B は、この発明に係る波長分散補償モジュールにおける波長分散補償器の応用例の構成を示す図である。

- 10      図 4 は、この発明に係る光伝送システムに適用可能な波長分散補償モジュールの第 2 実施形態の構成を示す図である。

図 5 は、光ファイバ伝送路の波長分散及び分散補償光ファイバの波長分散それぞれの波長依存性を示すグラフである。

- 15      図 6 は、光ファイバ伝送路の波長分散及び分散補償光ファイバの波長分散それぞれの温度依存性を示すグラフである。

図 7 は、この発明に係る光伝送システムに適用可能な波長分散補償モジュールの第 3 実施形態の構成を示す図である。

図 8 は、この発明に係る光伝送システムの第 2 実施形態の構成を示す図である。

- 20      図 9 は、この発明に係る光伝送システムに適用可能な波長分散補償モジュールの第 4 実施形態の構成を示す図である。

図 10 は、この発明に係る光伝送システムに適用可能な波長分散補償モジュールの第 5 実施形態の構成を示す図である。

図 11 は、この発明に係る光伝送システムに適用可能な波長分散補償モジュールの第 6 実施形態の構成を示す図である。

- 25      図 12 は、この発明に係る光伝送システムに適用可能な波長分散補償モジュールの第 7 実施形態の構成を示す図である。

図 1 3 は、この発明に係る光伝送システムに適用可能な波長分散補償モジュールの第 8 実施形態の構成を示す図である。

図 1 4 は、この発明に係る光伝送システムに適用可能な波長分散補償モジュールの第 9 実施形態の構成を示す図である。

## 5 発明を実施するための最良の形態

以下、この発明に係る波長分散補償モジュール及びそれを含む光伝送システムの各実施形態を図 1 ～ 2、3 A、3 B 及び 4 ～ 1 2 を用いて説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

(光伝送システムの第 1 実施形態)

10 図 1 は、この発明に係る光伝送システムの第 1 実施形態の概略構成を示す図である。この図に示された光伝送システム 1 は、送信局 1 1 0 と、受信局 1 2 0 と、これら送信局 1 1 0 と受信局 1 2 0 との間に敷設された光ファイバ伝送路 1 4 0 とを備える。受信局 1 2 0 内には、波長分散補償モジュール 1 2 1、光増幅器 1 2 2 及び受信器 1 2 3 が設けられており、該波長分散補償モジュール 1 2 1 は光  
15 ファイバ伝送路 1 4 0 の光出力端 1 4 0 a と受信器 1 2 3 との間に位置している。この光伝送システム 1 において、送信局 1 1 0 から送出された信号は、光ファイバ伝送路 1 4 0 中を伝搬して受信局 1 2 0 に到達する。この受信局 1 2 0 に到達した信号は、波長分散補償モジュール 1 2 1 を通過した後に光増幅器 1 2 2 により増幅され、最終的に増幅された信号が受信器 1 2 3 により受信される。

20 波長分散補償モジュール 1 2 1 は、光ファイバ伝送路 1 4 0 の波長分散を補償するため、少なくとも波長分散補償器と温度調節器とを備える。波長分散補償器は、所定波長、例えば 1 5 5 0 nm において、光ファイバ伝送路 1 4 0 の波長分散と異なる符号の波長分散を有するとともに、該光ファイバ伝送路 1 4 0 の波長分散スロープと異なる符号の波長分散スロープを有する。温度調節器は、波長分  
25 散補償器の温度を調節することで、該波長分散補償器の波長分散を所望の値に設定する。また、この波長分散補償器は挿入損失を小さく抑える点で分散補償光フ

ファイバを含むのが好ましい。

図 2 は、この発明に係る光伝送システムに適用可能な、波長分散補償モジュール（この発明に係る波長分散補償モジュール）の第 1 実施形態の構成を示す図である。この図に示された第 1 実施形態に係る波長分散補償モジュール 30 は、図 5 1 に示された光伝送システム 1 に適用可能であり、温度調節用のケース 300 内に収納された分散補償器としての分散補償光ファイバ 31、ケース 300 内の温度（波長分散補償器の温度）を調節する温度調節器 32、光分岐部 33、波長分散測定部 34 及び波長分散制御部 35 を備えている。

分散補償光ファイバ 31 は、光ファイバ伝送路 140 の波長分散を補償するよう機能し、所定波長、例えば波長 1550 nm において、光ファイバ伝送路 140 の波長分散と異なる符号の波長分散を有するとともに、該光ファイバ伝送路 140 の波長分散スロープと異なる符号の波長分散スロープを有する。なお、上記所定波長において、分散補償光ファイバ 31 における波長分散の温度依存性、すなわち単位温度当たりの波長分散変化量の絶対値は、光ファイバ伝送路 140 における波長分散の温度依存性（単位温度当たりの波長分散変動量）の絶対値より大きいのが好ましい。光ファイバ伝送路 140 の温度変動（該光ファイバ伝送路 140 の設置環境の温度変動に依存）より小さい温度変化を分散補償光ファイバ 31 に与えることにより効率的に波長分散補償を行うことができるからである。また、上記所定波長において、分散補償光ファイバ 31 における波長分散の温度依存性の絶対値は 0.002 ps/nm/km/°C 以上であるのが好ましい。分散補償光ファイバ 31 の温度変化により効率的に波長分散補償を行うことができるからである。

温度調節器 32 は、分散補償光ファイバ 31 の温度を調節するためのヒータやペルチエ素子を含む。具体的に、温度調節器 32 は、分散補償光ファイバ 31 を巻いたボビンの温度調節を通じて分散補償光ファイバ 31 の温度を調節し、あるいは、分散補償光ファイバ 31 を収納したケース 300 の温度調節することによ

り、分散補償光ファイバ31の温度を調節する。なお、互いに補償波長帯域の異なる複数の分散補償光ファイバそれぞれ独立したボビンに巻かれた状態で上記分散補償光ファイバ31が構成される場合には、これら複数の分散補償光ファイバをそれぞれ独立に温度調節することもできる。

5 光分岐部33は、光ファイバ伝送路140の光出力端140aから出力された光の一部を分岐して波長分散測定部34へ導く一方、残りの光を分散補償光ファイバ31へ向けて出力する。波長分散測定部34は、光分岐部33から到達した光を受光し、光ファイバ伝送路140の累積波長分散あるいは累積波長分散の変化量を測定する。波長分散制御部35は、波長分散測定部34の測定結果に基づいて温度調節器32を制御することで、分散補償光ファイバ31の波長分散をフィードフォワード制御する。このとき、波長分散制御部35は、光ファイバ伝送路140の累積波長分散の変化量と絶対値が等しくかつ符号が異なる変化量だけ、分散補償光ファイバ31の波長分散を変更するよう温度調節器32を制御する。この構成により、光ファイバ伝送路140及び分散補償光ファイバ31を含む光伝送システム全体から見た累積波長分散は常に略零に維持される。

15 5 なお、図2には波長分散補償器として、一連長(unitary)の分散補償光ファイバ31が示されているが、この波長分散補償器としては、図3A及び図3Bに示されたように種々の構成が適用できる。例えば、この波長分散補償器の第1応用例としては、図3Aに示されたように、光ファイバ伝送路140から出力される信号を各波長帯域ごとに分離する分波器320と、合波器330との間に、互いに補償波長帯域の異なる複数の分散補償光ファイバ310a~310dを、波長分散補償器である分散補償光ファイバ31として並列に配置された構成であってもよい。この第1応用例では、分波器320で分離された各信号は分散補償光ファイバ310a~310dのうち対応する1つを通過した後、合波器330により合波される。さらに、波長分散序章器の第2応用例としては、図3Bに示されたように、分散補償対象となる波長帯域が互いに異なる分散補償光ファイバ31

0 a～3 1 0 dを直列に接続した構成であってもよい。

ただし、波長分散補償器のこれら第1及び第2応用例のいずれの場合も、分散補償光ファイバ3 1 0 a～3 1 0 d全てについて温度調節を行っても（例えばケース3 0 0内の温度調節）、これら分散補償光ファイバ3 1 0 a～3 1 0 dの一部  
5 について温度調節を行ってもよい（例えば各分散補償光ファイバが巻かれたボビンの個別の温度調節）。また、波長分散補償器のこれら第1及び第2応用例は、この発明に係る波長分散補償モジュールの以降に説明される実施形態のいずれにも適用可能である。

波長分散補償器である分散補償光ファイバ3 1は、その光入力端及び光出力端  
10 のそれぞれが他の光ファイバと融着接続される。この接続部分は温度変動によりその光学特性が変動する可能性がある。このため、図2に示された構成では、分散補償光ファイバ3 1が収納されたケース3 0 0（温度調節の対象領域）の外に配置することにより、温度調節部3 2による分散補償光ファイバ3 1の温度調節の影響を最小限に抑えている。なお、この接続部分は、温度調節の影響を受けにくい位置に配置されていればよく、温度調節の影響を受けにくければ当該波長分散補償モジュールの内部あるいは外部のいずれに位置するよう構成されてもよい。  
15

図4は、この発明に係る波長分散補償モジュールの第2実施形態の構成を示す図である。この図に示された波長分散補償モジュール4 0も、図1に示された光伝送システム1における波長分散補償モジュール1 2 1に適用可能である。この  
20 波長分散補償モジュール4 0は、波長分散補償器としてケース4 0 0内に収納された分散補償光ファイバ4 1、温度調節器4 2、光分岐部4 3、波長分散測定部4 4及び波長分散制御部4 5を備えている。なお、図4中、4 1 a及び4 1 bは、分散補償光ファイバ4 1の光入力端と光ファイバ伝送路1 4 0の光出力端1 4 0 aとの融着接続部分、該分散補償光ファイバ4 1の光出力端と他の光ファイバとの融着接続部分をそれぞれ示す。  
25

分散補償光ファイバ4 1は、光ファイバ伝送路1 4 0の波長分散を補償する波

長分散補償器として機能し、所定波長、例えば波長 1550 nm において、補償対象である光ファイバ伝送路 140 の波長分散と異なる符号の波長分散を有するとともに、該光ファイバ伝送路 140 の波長分散スロープと異なる符号の波長分散スロープを有する。この第 2 実施形態に係る波長分散補償モジュール 40 においても、分散補償光ファイバ 41 の上記所定波長における波長分散の温度依存性（単位温度当たりの波長分散変動量）の絶対値は、光ファイバ伝送路 140 の波長分散の温度依存性の絶対値より大きいのが好ましい。光ファイバ伝送路 140 の温度変動より小さい変動を分散補償光ファイバ 41 に加えることにより効率的に波長分散補償を行うことができる。具体的には、上記所定波長において、分散補償光ファイバ 41 における波長分散の温度依存性は、その絶対値が 0.002 ps/nm/km/°C 以上であるのが好ましい。

温度調節器 42 は、分散補償光ファイバ 41 の温度を調節するためのヒータやヘルチエ素子を含む。温度調節器 42 は、例えば、分散補償光ファイバ 41 が巻かれたボビンの温度調節を通じて分散補償光ファイバ 41 の温度を調節するか、あるいは、分散補償光ファイバ 41 が収納されたケース 400 内の温度を調節することにより分散補償光ファイバ 41 の温度を調節する。

光分岐部 43 は、光ファイバ伝送路 41 の出力端 41b から出力される光の一部を分岐して波長分散測定部 44 へ導く一方、残りの光を外部へ出力する。波長分散測定部 44 は、光分岐部 43 から到達した分離光を受光し、光ファイバ伝送路 140 及び分散補償光ファイバ 41 を含む当該光伝送システム全体から見た累積波長分散あるいは累積波長分散の変化量を測定する。波長分散制御部 45 は、波長分散測定部 44 の測定結果に基づいて分散補償光ファイバ 41 の温度を所望の値に設定するよう、温度調節器 42 を制御することで、分散補償光ファイバ 41 の波長分散をフィードバック制御する。このとき、波長分散制御部 45 は、光ファイバ伝送路 140 及び分散補償光ファイバ 41 を含む当該光伝送システム全体から見た累積波長分散が実質的に零になるよう、分散補償光ファイバ 41 の波

長分散を制御する。

図5は、光ファイバ伝送路140及び波長分散補償器としての分散補償光ファイバそれぞれにおける波長分散の波長依存性を示すグラフである。なお、この図5において、グラフG410は光ファイバ伝送路140における波長分散の波長依存性、グラフG420は分散補償光ファイバにおける波長分散の波長依存性をそれぞれ示している。これらのグラフG410、G420に示されたように、光ファイバ伝送路140と分散補償光ファイバとは、所定波長、例えば波長1550nmにおいて、波長分散の符号が互いに異なり、波長分散スロープの符号も互いに異なっている。両者の波長分散の符号が互いに異なることで、光ファイバ伝送路140及び分散補償光ファイバの長さ比が適切に設定されることで、該所定波長において、当該光伝送システム1全体から見た累積波長分散が低減される。また、両者の波長分散スロープの符号が互いに異なることで、より広い信号光波長帯域において、複数波長の信号(WDM信号)それぞれについて、当該光伝送システム1全体から見た累積波長分散が効果的に低減される。

一方、図6は、光ファイバ伝送路140及び波長分散補償器としての分散補償光ファイバそれぞれにおける波長分散の温度依存性を示すグラフである。なお、グラフG510は光ファイバ伝送路140における波長分散の温度依存性( $\text{ps/nm/km/}^{\circ}\text{C}$ )、グラフG520は分散補償光ファイバにおける波長分散の温度依存性( $\text{ps/nm/km/}^{\circ}\text{C}$ )をそれぞれ示している。これらグラフG510、G520に示されたように、所定波長において、分散補償光ファイバにおける波長分散の温度依存性の絶対値は、光ファイバ伝送路140における波長分散の温度依存性の絶対値より大きいのが好ましい。具体的に分散補償光ファイバにおける波長分散の温度依存性の絶対値は $0.002\text{ps/nm/km/}^{\circ}\text{C}$ 以上であるのが好ましい。このように波長分散の温度依存性が設定されることにより、僅かな温度変動を利用して分散補償光ファイバの温度を調節し、より効率的な波長分散の補償を実現することができる。

なお、温度変動による調節が必要な波長分散量及び該波長分散の温度依存性が既知であれば、波長分散の値は必ずしもモニタされる必要はない。この場合、この発明に係る波長分散補償モジュールは、必要な波長分散の調節量と波長分散の温度依存性に基づいて設定されるべき温度を決定し、波長分散補償器の温度をモニタしながら該波長分散補償器の温度調節を行う構造を備えてもよい。具体的には、図7に示された構造を備えた波長分散補償モジュール50が図1に示された光伝送システム1に適用されてもよい。

波長分散補償モジュール50は、ケース500内に収納された波長分散補償器としての分散補償光ファイバ51と、温度測定部54及び波長分散制御部55を備える。分散補償光ファイバ51の光入力端はケース500の外部に引き出されており、光ファイバ伝送路140の光出力端140aと融着接続される一方、該分散補償光ファイバ51の光出力端もケース500の外部に引き出され他の光ファイバの光入力端と融着接続されている。なお、51a、51bは融着接続部分を示す。また、ケース500には温度センサ53が取り付けられており、温度測定部53は、分散補償光ファイバ51の温度（ケース500内の温度）をモニタすることにより、光ファイバ伝送路140及び分散補償光ファイバ51を含む光伝送システム1全体から見た累積波長分散あるいは累積波長分散の変化量を推定する。波長分散制御部55は、温度測定部54の測定結果に基づいて分散補償光ファイバ51の温度が所望の値になるよう温度調節部を制御することにより、分散補償光ファイバ51における波長分散を調節する。

次に、第1実施形態に係る光伝送システム1の具体的な構成について説明する。この光伝送システム1に適用される光ファイバ伝送路140及び分散補償光ファイバ（波長分散補償モジュール121に含まれる）それぞれの波長1550nmにおける諸元は以下の通りである。

(分散補償光ファイバ31、41又は51)

波長分散(ps/nm/km) : -102

波長分散スロープ( $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ ) :  $-0.21$

波長分散の温度依存性( $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}/^\circ\text{C}$ ) :  $0.0057$

なお、この分散補償光ファイバの長さは  $13.3 \text{ km}$  である。

(光ファイバ伝送路 140)

5 波長分散( $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ ) :  $17$

波長分散スロープ( $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ ) :  $0.057$

波長分散の温度依存性( $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}/^\circ\text{C}$ ) :  $-0.0015$

なお、この光ファイバ伝送路 140 の長さは  $80 \text{ km}$  である。

10 光ファイバ伝送路 140 は、 $1.3 \mu\text{m}$  波長帯に零分散波長を有する標準的なシングルモード光ファイバである。この光ファイバ伝送路 (シングルモード光ファイバ) 140 は、所定温度において、波長  $1550 \text{ nm}$  における波長分散が  $17 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長分散スロープが  $0.057 \text{ ps}/\text{nm}^2/\text{km}$  である。また、波長分散の温度依存性は  $-0.0015 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}/^\circ\text{C}$  である。

15 一方、波長分散補償器としての分散補償光ファイバは、所定温度において、波長  $1550 \text{ nm}$  における波長分散が  $-102 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長分散スロープが  $-0.21 \text{ ps}/\text{nm}^2/\text{km}$  である。また、波長分散の温度依存性は  $0.0057 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}/^\circ\text{C}$  である。このように、光ファイバ伝送路 (シングルモード光ファイバ) 140 と波長分散補償器としての分散補償光ファイバとは、波長  $1550 \text{ nm}$  において、波長分散の符号が互いに異なり、波長分散スロープの符号も互いに異なる。

20 光ファイバ伝送路 140 の長さが  $80 \text{ km}$  のとき、この光ファイバ伝送路 140 の波長  $1550 \text{ nm}$  における累積波長分散は、 $1360 \text{ ps}/\text{nm} (= 17 (\text{ps}/\text{nm}/\text{km}) \times 80 (\text{km}))$  である。そして、この光ファイバ伝送路 140 の累積波長分散をキャンセルするために必要な分散補償光ファイバの長さは、 $13.3 \text{ km} (= 1360 (\text{ps}/\text{nm}) / 102 (\text{ps}/\text{nm}/\text{km}))$  である。

25 ここで、光ファイバ伝送路 140 の温度が  $10^\circ\text{C}$  だけ上昇したとする。このと

き、この光ファイバ伝送路 140 の波長 1550 nm における累積波長分散は、  
-1.2 ps/nm (= -0.0015 (ps/nm/km/°C) × 80 (km) × 10 (°C)) だけ変化する。そして、この温度変動に起因した光ファイバ伝送路  
140 の累積波長分散の変化をキャンセルするために必要な分散補償光ファイバ  
5 の温度変化は、15.8°C (= 1.2 (ps/nm) / 0.0057 (ps/nm/km/°C) / 13.3 (km)) である。

以上のように、光ファイバ伝送路 140 の温度変動により波長分散が変化して  
も、波長分散補償器としての分散補償光ファイバの温度が現実的な範囲で調節さ  
れるので、光ファイバ伝送路 140 及び分散補償光ファイバを含む当該光伝送シ  
10 ステム 1 全体から見た累積波長分散の絶対値は常に小さな値に抑えられる。

なお、以上のような構成では、受信局 120 において測定された光ファイバ伝  
送路 140 の累積波長分散の測定結果が送信局 110 に通知される必要がなく、  
この測定結果を通知するための通信手段や信号伝送路は必要ない。また、送信局  
110 から出力される信号の波長も調節される必要がなく、光源として波長可変  
15 機能を有する光源を用意する必要もない。このように、この発明に係る波長分散  
補償モジュール及びそれを含む光伝送システムによれば、従来の光伝送システム  
と比較してより簡易な構成で光ファイバ伝送路 140 の波長分散が補償され、高  
ビットレートの信号伝送が可能になる。

(光伝送システムの第 2 実施形態)

図 8 は、この発明に係る光伝送システム 2 の第 2 実施形態の概略構成を示す図  
20 である。この図に示された光伝送システム 2 は、送信局 210 と中継局 230 と  
の間に光ファイバ伝送路 241 が敷設されており、中継局 230 と受信局 220  
との間に光ファイバ伝送路 242 が敷設されている。受信局 220 内には、波長  
分散補償モジュール 221、光増幅器 222 及び受信器 223 が設けられており、  
25 中継局 230 内には、波長分散補償モジュール 231 及び光増幅器 232 が設け  
られている。この光伝送システム 2 において、送信局 210 から送出された信号

は、光ファイバ伝送路 2 4 1 を伝搬して中継局 2 3 0 に到達する。この中継局 2 3 0 において、信号は波長分散補償モジュール 2 3 1 を経た後に光増幅器 2 3 2 により増幅される。光増幅器 2 3 2 により増幅された信号は下流の光ファイバ伝送路 2 4 2 に出力され、該光ファイバ伝送路 2 4 2 を伝搬して受信局 2 2 0 に到達する。この受信局 2 2 0 において、信号は波長分散補償モジュール 2 2 1 を経た後に光増幅器 2 2 2 により増幅される。そして、最終的に増幅された信号が受信器 2 2 3 により受信される。

この第 2 実施形態に係る光伝送システム 2 の波長分散補償モジュール 2 2 1、2 3 1 それぞれは、図 2、図 4 あるいは図 7 に示され構造と同様の構造を備える。また、波長分散補償モジュール 2 2 1、2 3 1 それぞれが備える波長分散補償器（分散補償光ファイバ）は、図 5 に示されたような波長分散の波長依存性を有するとともに、図 6 に示されたような波長分散の温度依存性を有する。この場合、中継局 2 3 0 内の波長分散補償モジュール 2 3 1 は、送信局 2 1 0 と中継局 2 3 0 との間に敷設された光ファイバ伝送路 2 4 1 の波長分散を補償し、受信局 2 2 0 内の波長分散補償モジュール 2 2 1 は、中継局 2 3 0 と受信局 2 2 0 との間に敷設された光ファイバ伝送路 2 4 2 の波長分散を補償する。これら波長分散モジュール 2 2 1、2 3 1 それぞれは、上述されたように動作する。

なお、この第 2 実施形態に係る光伝送システム 2 において、受信局 2 2 0 内の波長分散補償モジュール 2 2 1 は、図 2、図 4 あるいは図 7 に示された構成と同様の構造を備えるが、中継局 2 3 0 内の波長分散補償モジュール 2 3 1 は、波長分散測定部及び波長分散制御部を有する必要は特にはない。例えば、分散補償光ファイバの温度を一定に維持するだけの機能のみを実現する構造であってもよく、また分散補償光ファイバの温度を調節しなくてもよい。この場合、受信局 2 2 0 内の波長分散補償モジュール 2 2 1 は、中継局 2 3 0 内の波長分散補償モジュール 2 3 1 とともに、光ファイバ伝送路 2 4 1、2 4 2 の波長分散を補償する。

次に、この第 2 実施形態に係る光伝送システム 2 の具体的な構成について説明

する。この光伝送システム 2 に適用される光ファイバ伝送路 2 4 1、2 4 2 及び波長分散補償器としての分散補償光ファイバ（波長分散補償モジュール 2 2 1、2 3 1 それぞれに含まれる）それぞれの波長 1 5 5 0 nm における諸元は以下の通りである。

5 (分散補償光ファイバ 3 1、4 1 又は 5 1)

波長分散(ps/nm/km) : - 3 6

波長分散スロープ(ps/nm<sup>2</sup>/km) : - 0 . 1 8

波長分散の温度依存性(ps/nm/km/°C) : 0 . 0 0 4 9

なお、各分散補償光ファイバの合計長は (1 2 . 5 × 2) km である。

10 (光ファイバ伝送路 1 4 0)

波長分散(ps/nm/km) : 9

波長分散スロープ(ps/nm<sup>2</sup>/km) : 0 . 0 7 0

波長分散の温度依存性(ps/nm/km/°C) : - 0 . 0 1 9

なお、光ファイバ伝送路の合計長は (5 0 × 2) km である。

15 光ファイバ伝送路 2 4 1、2 4 2 は、所定温度において、波長 1 5 5 0 nm における波長分散が 9 ps/nm/km、波長分散スロープが 0 . 0 7 0 ps/nm<sup>2</sup>/km である。また、波長分散の温度依存性は - 0 . 0 0 1 9 ps/nm/km/°C である。一方、波長分散補償モジュール 2 2 1、2 3 1 内の各分散補償光ファイバは、所定温度において、波長 1 5 5 0 nm における波長分散が - 3 6 ps/nm/km、波長分散スロープが - 0 . 1 8 ps/nm<sup>2</sup>/km である。また、波長分散の温度依存性は 0 . 0 0 4 9 ps/nm/km/°C である。このように、光ファイバ伝送路（シングルモード光ファイバ）2 4 1、2 4 2 と、波長分散補償モジュール 2 2 1、2 3 1 内の各分散補償光ファイバとは、波長 1 5 5 0 nm において、波長分散の符号が互いに異なり、波長分散スロープの符号も互いに異なる。

25

光ファイバ伝送路 2 4 1、2 4 2 それぞれの長さが 5 0 km であるとき、これ

ら光ファイバ伝送路241、242全体の波長1550nmにおける累積波長分散は、 $900 \text{ ps/nm} (= 9 (\text{ps/nm/km}) \times 50 (\text{km}) \times 2)$ である。なお、光ファイバ伝送路241、242全体の累積波長分散をキャンセルするために必要な分散補償光ファイバ全体の長さは、 $25 \text{ km} (= 900 (\text{ps/nm}) / 36 (\text{ps/nm/km}))$ であることから、波長分散補償モジュール221内の分散補償光ファイバの長さを12.5kmとし、波長分散補償モジュール231内の分散補償光ファイバの長さを12.5kmとする。

ここで、光ファイバ伝送路241、242の温度が10℃だけ上昇したとする。このとき、この光ファイバ伝送路241、242全体の波長1550nmにおける累積波長分散は、 $-1.9 \text{ ps/nm} (= -0.0019 (\text{ps/nm/km/}^\circ\text{C}) \times 50 (\text{km}) \times 2 \times 10 (^\circ\text{C}))$ だけ変化する。そして、中継局230内の波長分散補償モジュール231に含まれる分散補償光ファイバの累積波長分散が一定であるとし、この温度変動に起因した光ファイバ伝送路241、242全体の累積波長分散の変化を、受信局220内の波長分散補償モジュール221に含まれる分散補償光ファイバでキャンセルするとすれば、このキャンセルに必要な波長分散補償モジュール221内の分散補償光ファイバの温度変化は、 $31.0^\circ\text{C} (= 1.9 (\text{ps/nm}) / 0.0049 (\text{ps/nm/km/}^\circ\text{C}) / 12.5 (\text{km}))$ である。

このように、光ファイバ伝送路241、242の温度変動により波長分散が変化しても、受信器220内の波長分散補償モジュール221に含まれる分散補償光ファイバの温度が現実的な範囲で調節されるので、光ファイバ伝送路241、242及び波長分散補償モジュール221、231内の分散補償光ファイバを含む光伝送システム2全体から見た累積波長分散の絶対値は常に小さな値に抑えられる。

なお、受信器220内の波長分散補償モジュール221に含まれる分散補償光ファイバの温度を調節するだけでなく、中継器230内の波長分散補償モジュール

ル 2 3 1 に含まれる分散補償光ファイバの温度も調節する場合には、上記のように光ファイバ伝送路 2 4 1、2 4 2 の温度変化が 1 0 °C であれば、各々の分散補償光ファイバの温度変化は 1 5 . 5 °C (= 3 1 . 0 (°C) / 2) でよい。

また、この第 2 実施形態に係る光伝送システム 2 では、受信局 2 2 0 において  
5 測定された光ファイバ伝送路 2 4 1、2 4 2 の累積波長分散の結果を送信局 2 1 0 に通知する必要がないので、この測定結果を通知するための通信手段や信号伝送路は必要がない。また、送信局 2 1 0 から出力される信号の波長も調節する必要がないので、信号を出力する光源として波長可変機能を有する光源を用意する必要もない。このように第 2 実施形態に係る光伝送システム 2 によっても、従来  
10 の光伝送システムと比較してより簡易な構成で光ファイバ伝送路 2 4 1、2 4 2 の波長分散を補償して、高ビットレートの信号光伝送を行うことができる。

なお、この発明に係る波長分散補償モジュールは、上述のような構成に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、上記各実施形態の説明では、温度変動に起因した光ファイバ伝送路の波長分散が変動する場合について説  
15 明したが、他の要因に起因して光ファイバ伝送路の波長分散が変動する場合も同様に、波長分散補償器（分散補償光ファイバ）の温度を調節することにより、光ファイバ伝送路の波長分散の変動をキャンセルする構成であってもよい。また、この発明に係る波長分散補償モジュールは、互いに異なる波長を有する信号を伝送する WDM ( Wavelength Division Multiplexing) 伝送システムにも適用可能  
20 である。

さらに、図 2 及び図 4 に示された波長分散補償モジュール 3 0、4 0 は、いずれも分散補償光ファイバ 3 1、4 1、温度調節器 3 2、4 2、光分岐部 3 3、4 3、波長分散測定部 3 4、4 4 及び波長分散制御部 3 5、4 5 をそれぞれ備えている。しかしながら、例えば、図 9 及び図 1 0 に示されたように、分散補償光フ  
25 アイバ 3 1、4 1、温度調節器 3 2、4 2、光分岐部 3 3、4 3 及び波長分散制御部 3 5、4 5 により波長分散補償モジュール 3 0、4 0 をそれぞれ構成し（こ

の発明に係る波長分散補償モジュールの第4及び第5実施形態)、これとは別に波長分散測定部34、44を設けてもよい。図7に示された波長分散補償モジュール50についても、図11に示されたように温度測定部53を当該モジュール50の外部に設けてもよい(この発明に係る波長分散補償モジュールの第6実施形態)。さらに、図12及び図13に示されたように、分散補償光ファイバ31、41、温度調節器32、42及び光分岐部33、43により波長分散補償モジュール30、40をそれぞれ構成し(この発明に係る波長分散補償モジュールの第7及び第8実施形態)、これとは別に波長分散測定部34、44及び波長分散制御部35、45を温調領域外に設けてもよい。同様に、図7に示された波長分散補償モジュール50についても、図14に示されたように温度測定部53及び波長分散制御部55を当該モジュール50の外部に設けてもよい(この発明に係る波長分散補償モジュールの第9実施形態)。これら何れの実施形態も、上述された図2、図4及び図7それぞれに示した波長分散補償モジュール30、40、50と同様に動作する。また、いずれの実施形態に係る波長分散補償モジュールも、図3Aあるいは図3Bに示されたような構造の波長分散補償器を備えてもよい。

以上の本発明の説明から、本発明を様々に変形しうることは明らかである。そのような変形は、本発明の思想および範囲から逸脱するものとは認めることはできず、すべての当業者にとって自明である改良は、以下の請求の範囲に含まれるものである。

## 産業上の利用可能性

以上のようにこの発明に係る波長分散補償モジュールによれば、所定波長、例えば波長1550nmにおいて、光ファイバ伝送路及び波長分散補償器それぞれの波長分散の符号が互いに異なっているので、該波長分散補償モジュールが適用される光伝送システム全体から見た累積波長分散が効果的に低減される。また、光ファイバ伝送路及び波長分散補償器それぞれの波長分散スロープの符号も互いに異なっているので、より広い信号波長帯域において、複数波長の信号それぞれ

について、光伝送システム全体から見た累積波長分散が効果的に低減される。さらに、温度変動等の要因により光ファイバ伝送路の波長分散が変化した場合であっても、温度調節器により波長分散補償器の温度が所望の値に設定されるため、当該光伝送システム全体から見た累積波長分散が効果的に低減される。

## 請求の範囲

1. 光ファイバ伝送路の波長分散を補償する波長分散補償モジュールであって、  
所定波長において、前記光ファイバ伝送路の波長分散と異なる符号の波長分散  
を有するとともに、前記光ファイバ伝送路の波長分散スロープと異なる符号の波  
長分散スロープを有する波長分散補償器と、

前記波長分散補償器の波長分散が所望の値に設定されるよう、該波長分散補償  
器の温度を調節する温度調節器とを備えた波長分散補償モジュール。

2. 前記波長分散補償器は、1又はそれ以上の波長補償光ファイバを含むこ  
とを特徴とする請求項1記載の波長分散補償モジュール。

3. 前記所定波長において、前記分散補償光ファイバにおける単位温度当た  
りの波長分散変動量の絶対値は、前記光ファイバ伝送路における単位温度当た  
りの波長分散変動量の絶対値より大きいことを特徴とする請求項2記載の波長分散  
補償モジュール。

4. 前記所定波長において、前記分散補償光ファイバにおける単位温度当た  
りの波長分散変動量の絶対値は、 $0.002 \text{ ps/nm/km/}^\circ\text{C}$ 以上であるこ  
とを特徴とする請求項2記載の波長分散補償モジュール。

5. 前記波長分散補償器の波長分散を所望の値に設定するため、前記温度調  
節器による温度調節動作を制御する波長分散制御部をさらに備えたことを特徴と  
する請求項1記載の波長分散補償モジュール。

6. 前記波長分散補償器に入力される入力光をモニタすることにより、前記  
光ファイバ伝送路における累積波長分散あるいは該光ファイバ伝送路における累  
積波長分散の変化量を測定する波長分散測定部と、

前記波長分散測定部の測定結果に基づいて、前記波長分散補償器における波長  
分散が所望の値になるよう前記温度調節器による温度調節動作を制御する波長分  
散制御部を、さらに備えたことを特徴とする請求項1記載の波長分散補償モジュ  
ール。

7. 前記波長分散補償器から出力される出力光をモニタすることにより、前記光ファイバ伝送路における累積波長分散あるいは該光ファイバ伝送路における累積波長分散の変化量を測定する波長分散測定部と、

5 前記波長分散測定部の測定結果に基づいて、前記波長分散補償器における波長分散が所望の値になるよう前記温度調節器による温度調節動作を制御する波長分散制御部を、さらに備えたことを特徴とする請求項 1 記載の波長分散補償モジュール。

10 8. 前記波長分散補償器の温度をモニタすることにより、前記光ファイバ伝送路における累積波長分散あるいは該光ファイバ伝送路における累積波長分散の変化量を推定する温度測定部と、

前記温度測定部の測定結果に基づいて、前記波長分散補償器における波長分散が所望の値になるよう前記温度調節器による温度調節動作を制御する波長分散制御部を、さらに備えたことを特徴とする請求項 1 記載の波長分散補償モジュール。

9. 請求項 1 記載の波長分散補償モジュールを含む光伝送システム。

15 10. 前記光ファイバ伝送路の光出力端と受信器との間に設けられた、請求項 6 記載の波長分散補償モジュールを含む光伝送システム。

11. 前記光ファイバ伝送路の光出力端と受信器との間に設けられた、請求項 7 記載の波長分散補償モジュールを含む光伝送システム。

20 12. 前記光ファイバ伝送路の光出力端と受信器との間に設けられた、請求項 8 記載の波長分散補償モジュールを含む光伝送システム。

図1

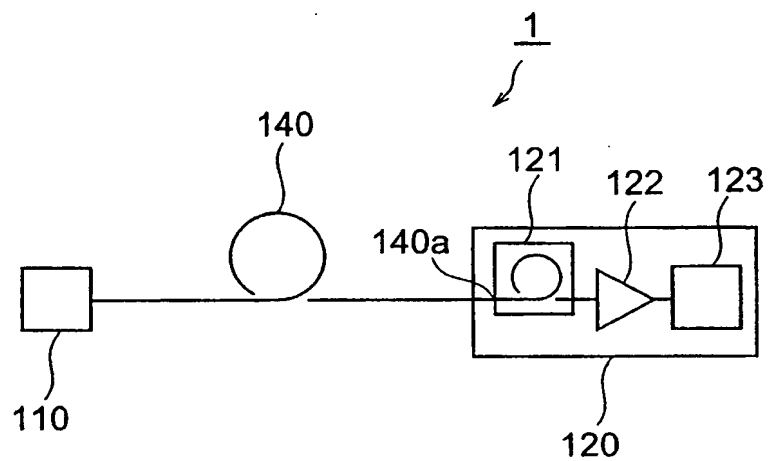


図2

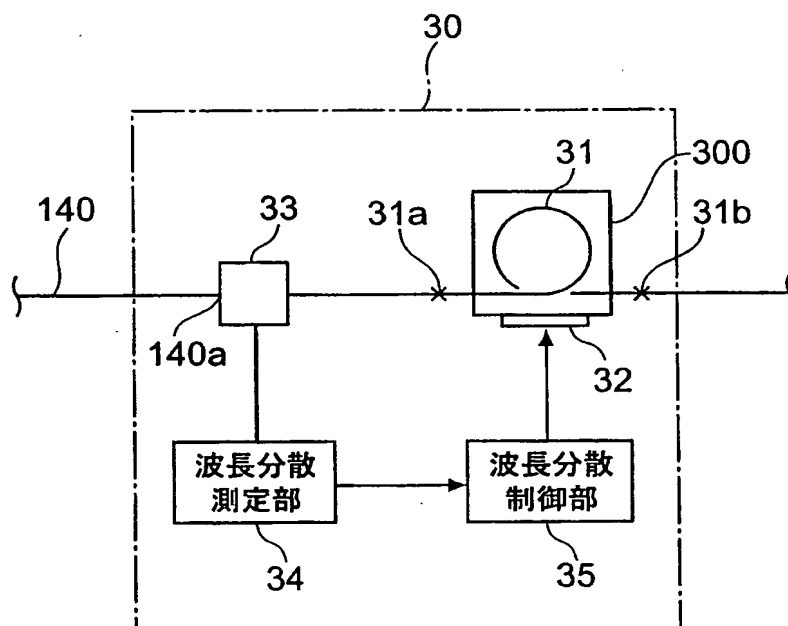


図3A

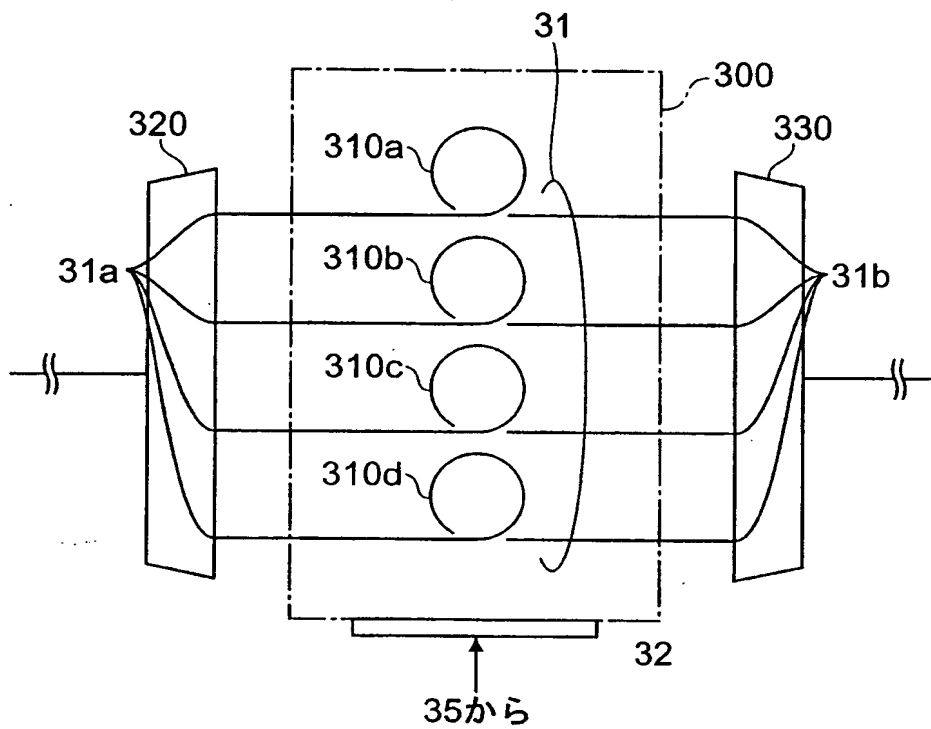


図3B

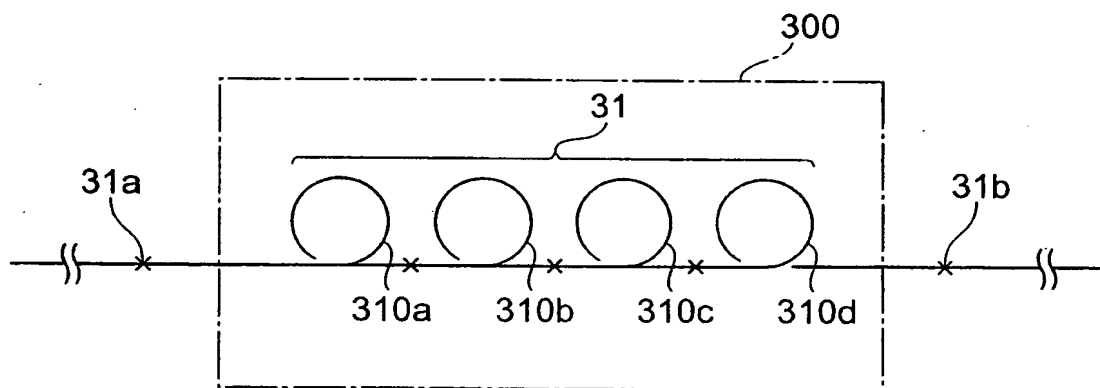


図4

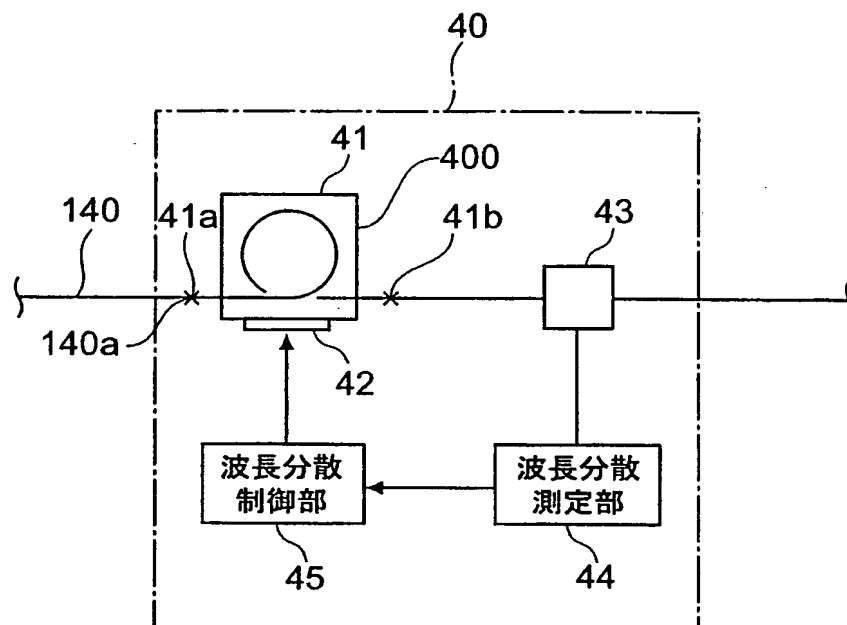


図5

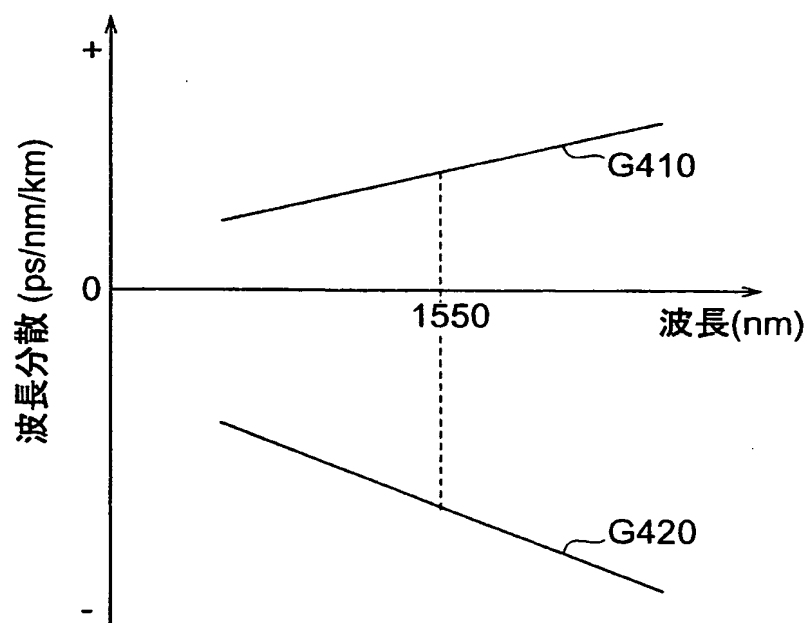


図6

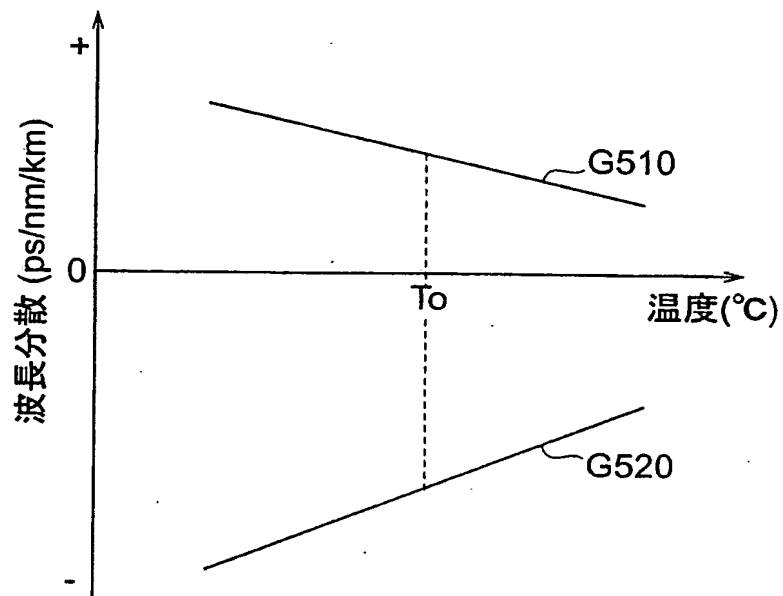


図7

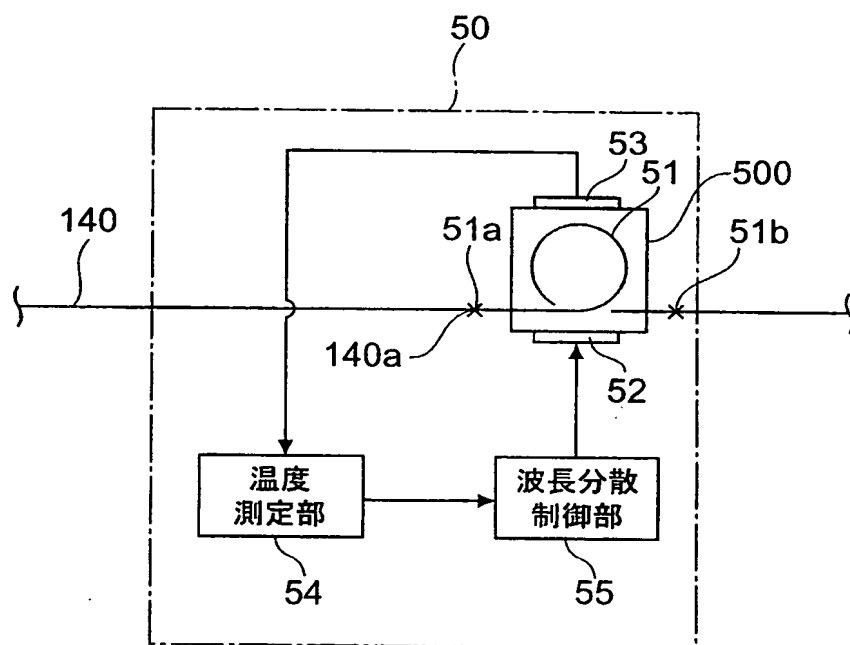


図8

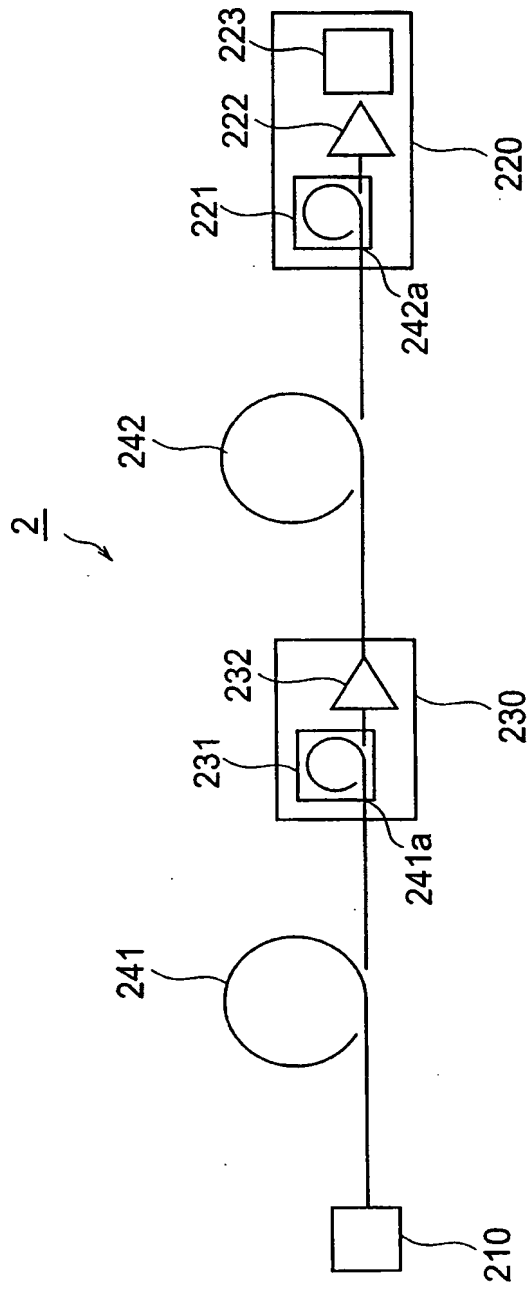


図9

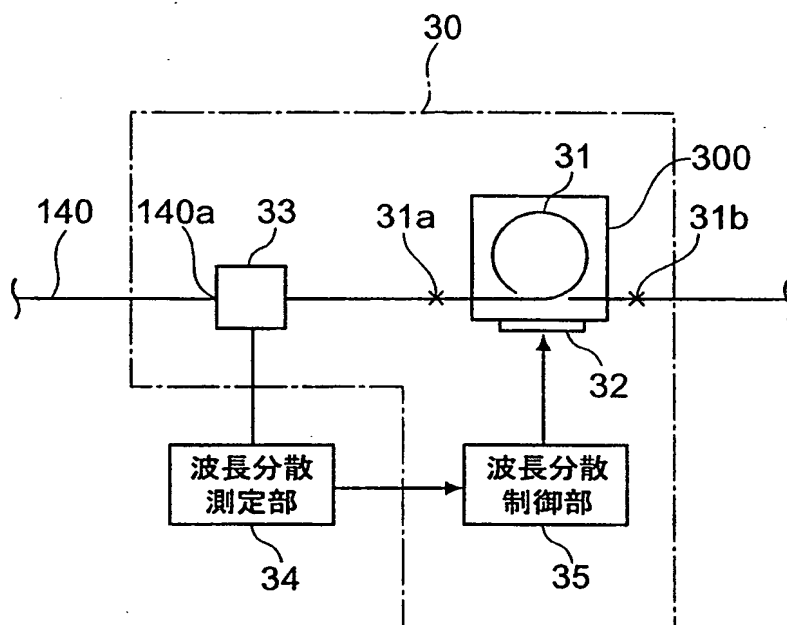


図10

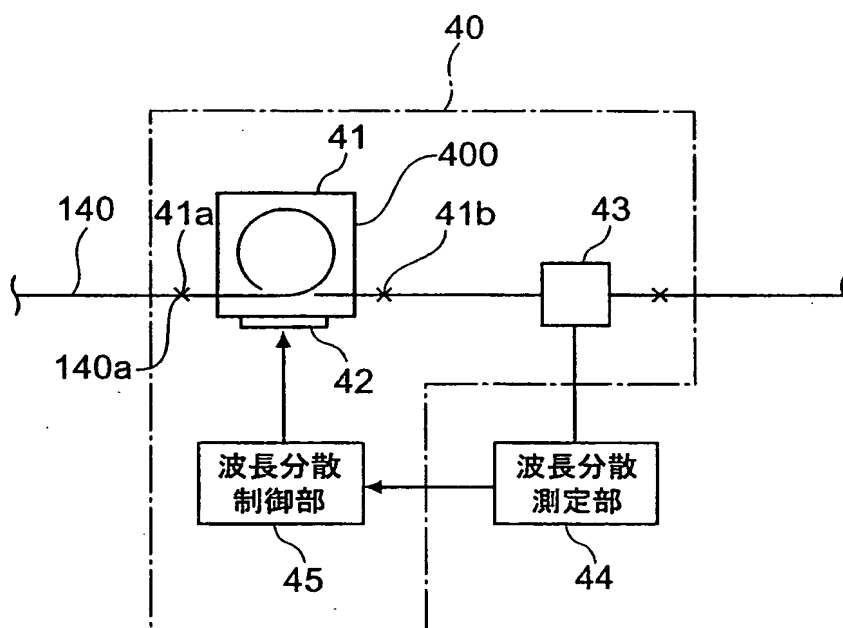


図11

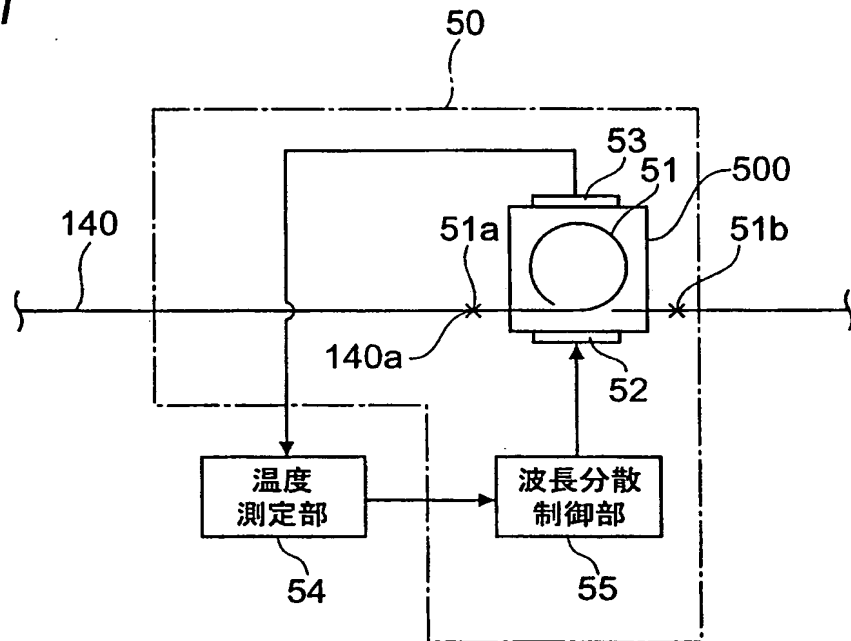


図12

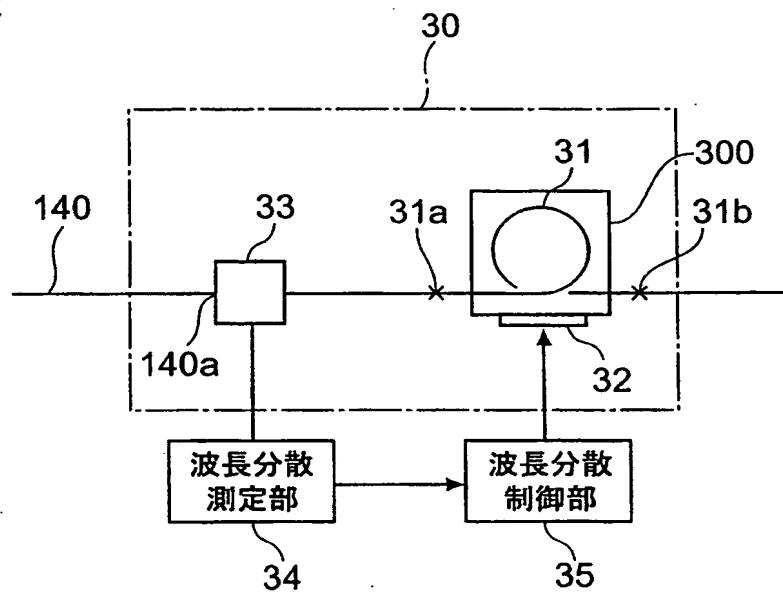


図13

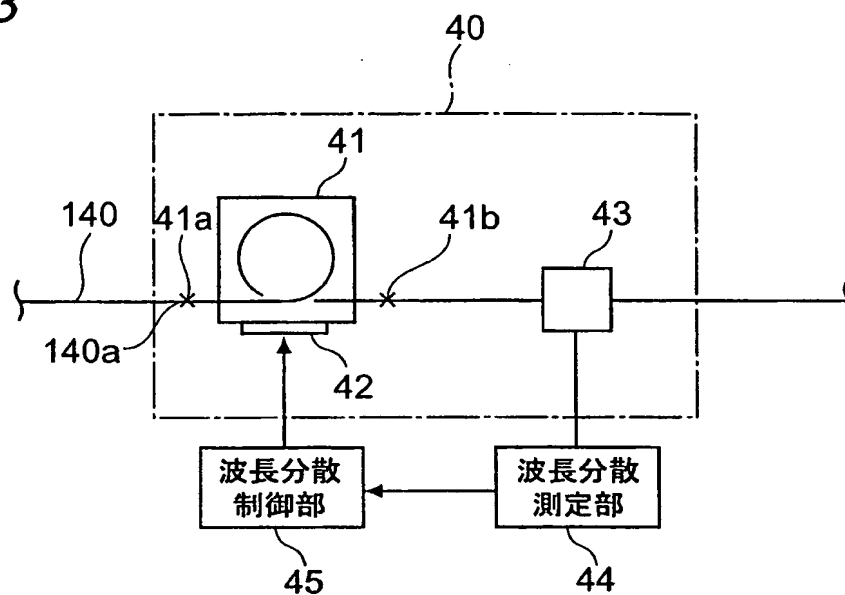
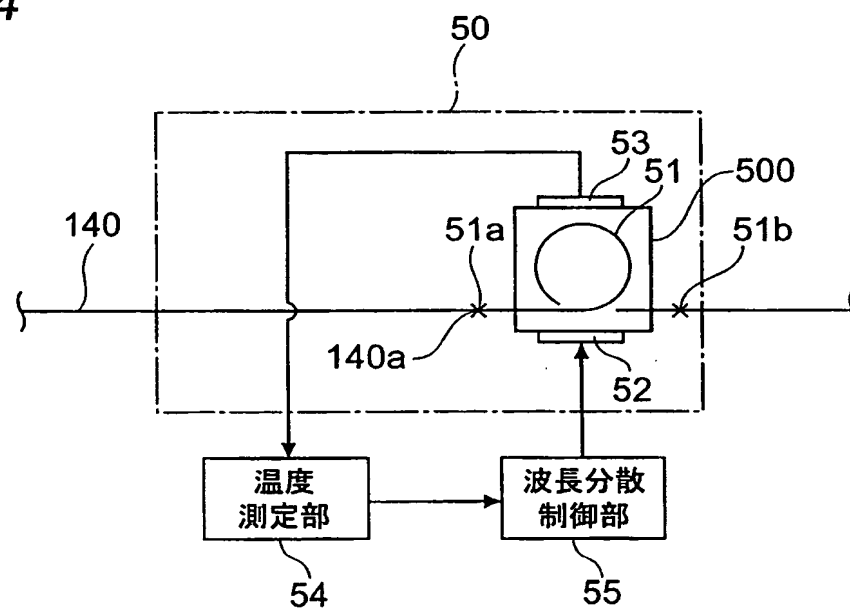


図14



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/06997

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H04B10/18  
H04J14/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H04B10/00-10/28 G02B 6/10  
H04J14/00-14/08 G02B 6/16- 6/22  
G02B 6/00- 6/02 G02B 6/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y         | JP, 8-256106, A (Fujitsu Limited),<br>01 October, 1996 (01.10.96),<br>Full text<br>& US, 5793917, A1                            | 1-12                  |
| Y         | JP, 9-23187, A (Fujitsu Limited),<br>21 January, 1997 (21.01.97),<br>Full text (Family: none)                                   | 1-12                  |
| Y         | JP, 11-88260, A (Fujitsu Limited),<br>30 March, 1999 (30.03.99),<br>Full text; Figs. 23, 26<br>& EP, 902558, A & CN, 1211119, A | 1-12                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

|   |  |
|---|--|
| * Special categories of cited documents:  | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone   |
| "E" earlier document but published on or after the international filing date  | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family  |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  |  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  |  |

Date of the actual completion of the international search  
20 December, 2000 (20.12.00)

Date of mailing of the international search report  
16 January, 2001 (16.01.01)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office


Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP00/06997

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))<br>Int. Cl. <sup>7</sup> H04B10/18<br>H04J14/02  |  |                  |
| B. 調査を行った分野<br>調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))<br>Int. Cl. <sup>7</sup> H04B10/00-10/28 G02B 6/10<br>H04J14/00-14/08 G02B 6/16- 6/22<br>G02B 6/00- 6/02 G02B 6/44   |  |                  |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの<br>日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2000年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2000年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2000年   |  |                  |
| 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)  |  |                  |
| C. 関連すると認められる文献  |  |                  |
| 引用文献の<br>カテゴリー*  | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| Y  | JP, 8-256106, A (富士通株式会社)<br>1. 10月. 1996 (01. 10. 96)<br>全文<br>& US, 5793917, A1  | 1-12             |
| Y  | JP, 9-23187, A (富士通株式会社)<br>21. 1月. 1997 (21. 01. 97)<br>全文 (ファミリーなし)  | 1-12             |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。  |  |                  |
| * 引用文献のカテゴリー<br>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの<br>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの<br>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)<br>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献<br>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの<br>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの<br>「&」 同一パテントファミリー文献 |  |                  |
| 国際調査を完了した日<br>20. 12. 00   | 国際調査報告の発送日<br>16.01.01   |                  |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁 (ISA/JP)<br>郵便番号100-8915<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号   | 特許庁審査官 (権限のある職員)<br>鈴木 重幸<br> 5 J 9653<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3535 |                  |

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |   |                  |
|-----------------------|---|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| Y                     | J P, 11-88260, A (富士通株式会社)<br>30. 3月. 1999 (30. 03. 99)<br>全文, 図23, 図26<br>& EP, 902558, A & CN, 1211119, A | 1-12             |